

Zakres zastosowań obróbki powierzchni detali metalowych w wygładzarkach pojemnikowych

dr hab. Inż. Kazimierz Woźniak, mgr inż. Mariusz Wincenciak
MARBAD Sp. z o.o. w Warszawie

Omówiono procesy zachodzące podczas obróbki luźnymi kształtkami w wygładzarkach pojemnikowych oraz zadania jakie stawiane są tym procesom obróbki. Dokonano przeglądu podstawowych grup detali poddawanych obróbce pojemnikowej. Należą do nich detale płaskie i przestrzenne formowane przy użyciu prasy oraz płaskie wycinane laserem i płomieniowo. Są to też detale wykonywane metodami obróbki skrawaniem i odkuwki. Zamieszczono przykłady wyrobów wytwarzanych masowo których obróbka odbywa się przy użyciu luźnych kształtek.

Wprowadzenie

Obróbka powierzchni w wygładzarkach pojemnikowych nazywana też obróbką roto-wibracyjną lub wibrościerną (ang. mass finishing) to taki rodzaj obróbki powierzchniowej, w którym narzędziami roboczymi są luźne kształtki. W czasie tej obróbki następuje ścieranie, zgniatanie (odkształcenia plastyczne) nierówności powierzchni obrabianych detali oraz odłamywanie cienkich zadziorów lub wypływek przywartych do obrabianych detali [1-3]. Obrabiane detale wraz z kształtkami i najczęściej roztworem płynów wspomagających znajdują się w pojemniku wygładzarki, który jest wprawiany w ruch obrotowy lub drgający. Kształtki i środki pomagające znajdujące się w pojemniku wygładzarki to tzw. wsad roboczy.

Charakterystyczną cechą tego sposobu obróbki jest wzajemny nieskrępowany ruch elementów wsadu w pojemniku wygładzarki oraz występowanie pulsujących nacisków między stykającymi się elementami wsadu. Obróbka luźnymi kształtkami jest kinematycznie swobodna. Cechą wyróżniającą ten rodzaj obróbki jest ciągły kontakt narzędzi obróbkowych nie tylko z obrabianymi detalami, ale także między sobą. Umożliwia to utrzymanie na niezmiennym w przybliżeniu poziomie ich zdolności skrawnych w wyniku

samoostrzenia się kształtek skrawających. Natomiast w przypadku kształtek stosowanych do wygładzania zgniotem następuje ich samoczynne oczyszczanie.

Wartości nacisków w pojemniku wygładzarki to wypadkowa działania sił statycznych i dynamicznych. Naciski statyczne są zróżnicowane we wsadzie, gdyż o ich wartości decyduje wysokość słupa wsadu. Wypadkowa różnica nacisków w pojemniku roboczym nie jest jednak istotna gdyż obrabiane detale ulegają w czasie obróbki ciągłemu przemieszczaniu. Siły dynamiczne są efektem wprawiania w ruch pojemnika wygładzarki przy pomocy silnika.

Obróbka powierzchni detali w pojemniku wygładzarki jest efektem występowania takich procesów jak [1]:

- ścieranie mechaniczne wywołane ścinaniem wierzchołków nierówności powierzchni obrabianych detali przez nierówności powierzchni kształtek,
- mikroskrawanie polegające na wykrawaniu wiórków z powierzchni detali przez ostrza materiałów ściernych zawartych w kształtkach,
- docieranie powierzchni obrabianych detali przez ziarna i mikroziarna ściernie uwalniane przez kształtki w trakcie ich zużywania się lub pochodzących z past ściernych dodawanych celowo do wsadu roboczego wygładzarki,



- reakcje chemiczne oraz procesy anodowe i kwasowe zachodzące na powierzchni obrabianych detali w obecności roztworów płynów wspomagających,
- zmniejszanie chropowatości powierzchni detali na drodze odkształceń plastycznych wierzchołków nierówności przez kształtki.

Zadania obróbki pojemnikowej

Wśród zadań obróbki pojemnikowej można z pewnym uproszczeniem wyróżnić następujące zabiegi:

- oczyszczanie i wygładzanie „na gotowo” odlewów, odkutek oraz części obrabianych cieplnie i części wykrawanych,
- usuwanie śladów poprzednich obróbek skrawaniem (frezowania, toczenia, strugania, wiercenia itp.),
- usuwania zadziorów, stępienie ostrych krawędzi oraz nadawanie im określonego promienia zaokrąglenia,
- nadawanie powierzchniom obrabianym określonego stopnia gładkości i odpowiednich właściwości refleksyjnych (połysk).

Wymienione zabiegi obróbki przy użyciu luźnych kształtek można sprowadzić do dwóch podstawowych procesów:

- oczyszczanie i wygładzanie powierzchni detali,
- usuwanie zadziorów, stępienie i zaokrąglenie krawędzi detali.

Przebieg procesu obróbki uzależniony jest w zasadniczym stopniu od rodzaju obrabianych detali, a szczególnie od: materiału z którego wytworzone są detale, sposobu ich wytworzenia, ich wielkości i kształtu oraz wymogów dotyczących jakości powierzchni detali po obróbce wynikających głównie z ich zastosowania.

Metalowe detale poddawane obróbce pojemnikowej wytwarzane są różnymi metodami. Są to głównie:

- elementy wykrawane lub tłoczone na prasie oraz wycinane palnikiem, laserem lub strugą wody,
- detale wytwarzane metodami obróbki skrawaniem (głównie w automatach CNC),
- odlewy (ciśnieniowe, kokilowe, piaskowe, odśrodkowe),
- odkuwki.

Detale wykrawane na prasie, najczęściej z blachy o różnej grubości to różnorodne detale techniczne (Rys. 1). Procesowi wykrawania płaskich detali towarzyszy często proces ich przestrzennego formowania stosownie do ich zastosowania (Rys. 2).

Inna grupa to także detale przestrzenne, w których wykrawane są określone fragmenty. Typowy taki przykład to kosze łożysk stożkowych, (Rys.3). Po uformowaniużądanego kształtu kosza, z powierzchni bocznej pierścienia wykrawane są odpowiednie przestrzenie, które będą stanowiły miejsce pracy pojedynczego elementu tocznego. W takim wypadku obróbka pojemnikowa ma za zadanie usunięcie wszystkich pozostałości po wykrawaniu z tzw. okienek kosza. W przeciwnym wypadku takie łożysko może bardzo szybko ulec uszkodzeniu



Rys. 1. Płaskie detale wycinane z blachy przy użyciu prasy



Rys. 2. Detale stalowe wycinanie i formowane przy użyciu prasy



Rys. 3. Kosze łożysk stożkowych



Rys. 4. Detale płaskie wycinane laserem

Detale płaskie mogą być też wycinane z blach laserem (Rys. 4) lub metodą płomieniową przy użyciu palnika gazowego (Rys. 5). W przypadku materiałów nieżelaznych bardzo często stosuje się wycinanie przy pomocy strumienia wody. Strumień wody i ziarna ściernego pod ciśnieniem 2000–6000 bar przecina różnego rodzaju materiały bez termicznego wpływu na wycinane powierzchnie.

Powierzchnia boczna takich detali po wycinaniu jest bardzo różna. Różna jest też wielkość zadziorów i różna ostrość krawędzi. Największe zadziory są widoczne na detalu wycinanym płomieniowo przy użyciu palnika gazowego. Są to zadziory zbyt grube aby mogły być usunięte metodami

obróbki pojemnikowej. Widać to wyraźnie na rys. 5b. Tak duże i grube zadziory powinny być najpierw usunięte przy użyciu frezów lub pasów ściennych bezkońcowych a dopiero po tym detale powinny być poddane obróbce przy użyciu luźnych kształtek w wygładzarce pojemnikowej.



Rys. 5. Detale stalowe wycinane płomieniowo: a) detal przed obróbką, b) detal po obróbce pojemnikowej



Rys. 6. Detale formowane metodami głębokiego tłoczenia



Rys. 7. Detale wykonywane metodami obróbki skrawaniem



Rys. 8. Odlewy ciśnieniowe obrabiane przy użyciu luźnych kształtek



Rys. 9. Odlewy wytwarzane w odlewarkach odśrodkowych

Przedmioty wytłaczane i formowane w postaci cienkościennych wyrobów różnego zastosowania (Rys. 6) wymagają wygładzenia śladów po tłoczeniu i formowaniu, zatępienia ostrych krawędzi oraz doprowadzenia ich dożądanego stopnia zaokrąglenia. Szczególnie trudnym problemem jest usunięcie śladów narzędzia wyoblającego z powierzchni detali (np. detale będące elementami żyrandoli).

Przedmioty otrzymane metodami obróbki skrawaniem (toczenie, frezowanie, wiercenie otworów, gwintowanie) to grupa przedmiotów poddawana bardzo często obróbce pojemnikowej.

Celem tej obróbki jest usunięcie gratów i zatępienie ostrych krawędzi oraz wygładzenie powierzchni detali (Rys. 7). W przypadku detali po obróbce skrawaniem, ważne jest, aby w trakcie obróbki pojemnikowej w kształtkach ściennych całkowicie usunąć pozostały po poprzednim skrawaniu grat. O ile samo załamanie krawędzi jest łatwiejsze do wykonania w obróbce roto-wibracyjnej, o tyle całkowite usunięcie gratu jest trudniejsze. Dotyczy to szczególnie przypadków, gdy podczas obróbki grat zawinie się i sklei z powierzchnią obrabianego detalu. Dotykowo wydaje się, że krawędź po obróbce jest zaokrąglona, a w rzeczywistości mamy nieusunięty fragment nadkładu, który dyskwalifikuje daną część w dalszym montażu, szczególnie dotyczy to przemysłu samochodowego i maszynowego.

Detale w których otwory są wykonywane metodą wiercenia posiadają duże graty, szczególnie po stronie wychodzenia wiertła z wierconego detalu. Usunięcie tych gratów to bardzo ważne zadanie obróbki pojemnikowej. Jest to możliwe przy zastosowaniu kształtek o odpowiedniej wielkości i kształcie [5]. Kształtki muszą mieć możliwość dotarcia do krawędzi tych otworów.

Podstawowa grupa detali poddawanych obróbce pojemnikowej to różnego rodzaju odlewy. Są to najczęściej odlewy metali lekkich, a głównie aluminium, cynku, miedzi, magnezu i ich stopów. Odlewy metali lekkich to przede wszystkim odlewy ciśnieniowe (Rys. 8), kokilowe oraz wytwarzane w odlewarkach odśrodkowych (głównie galanteria odzieżowa, obuwnicza i ozdobna) (Rys. 9). Powierzchnia takich odlewów jest przygotowywana przede wszystkim do nakładania powłok ochronnych i dekoracyjnych.

W zależności od dalszego zastosowania, obróbka odlewów w wygładzarkach pojemnikowych przy użyciu luźnych kształtek ściennych i płynów technologicznych pozwala uzyskać elementy gotowe (odlewy techniczne samochodowe i sprzętu AGD) lub przygotować powierzchnię przedmiotów pod kolejne operacje (galwanizowanie, anodowanie, kateforeza, lakierowanie).

Odlewy ciśnieniowe posiadają na ogół gładką powierzchnię, ale w stanie surowym nie nadają się do nakładania powłok malarskich ani galwanicznych. Posiadają one najczęściej zadziory i zalewki. Jeżeli mają one grubość poniżej 0,4 mm to mogą być usunięte przy użyciu luźnych kształtek. Powierzchnia odlewów ma zarówno makrodefekty (pory, rozwarstwienia, pęknięcia, blizny) jak i mikrodefekty. Mikrodefekty spowodowane są głównie przez segregację składników stopów w wierzchniej warstwie na skutek różnicy temperatury materiału wlewowego i formy metalowej.



TOOLS ON TOUR

TARGI TOOLEX

Sosnowiec, 29.09 – 1.10.2015

(Przed głównym wejściem do hali)



W tym roku ponownie zapraszamy do zobaczenia na żywo
MOBILNEJ WYSTAWY NARZĘDZI.

Wyjątkowa okazja do samodzielnego przetestowania narzędzi najnowszej generacji.

 **Hoffmann Group**[®]
Tools to make you better
Perschmann



www.hofmann-group.com

Oprócz tego w warstwie przypowierzchniowej takich odlewów znajdują się utlenione tłuszcze i grafit koloidalny stosowane jako środki antyadhezyjne do smarowania form oraz tlenki metali tworzących stop.

Grubość warstwy przypowierzchniowej dla większości odlewów cynkalowych nie przekracza na ogół 15 μm [6]. Pod tą warstwą znajduje się czysty i nieporowaty metal mający strukturę mikrokrystaliczną, przy czym grubość tej warstwy nie przekracza na ogół 0,3 mm. Pod tą warstwą stop staje się porowaty a jego struktura jest gruboziarnista. Najbardziej estetyczne i trwałe powłoki galwaniczne otrzymuje się wówczas, gdy są one nałożone na strukturę mikrokrystaliczną odlewów cynkalowych. Oznacza to, że z powierzchni surowych odlewów metodami obróbki luźnymi kształtkami powinna być usunięta warstwa metalu o grubości od 0,1 do 0,2 mm. Usunięcie warstwy grubszej od 0,3 mm powoduje, że w odsłoniętych porach i szczelinach może zatrzymać się elektrolit, który następnie będzie reagował z metalem podłoża. Powstające produkty korozji mogą być przyczyną powstawania tzw. pęcherzy wywołując tym samym odwarstwienie nałożonej powłoki galwanicznej.

W przypadku gdy odlewy mają być przygotowane do nakładania powłok malarskich należy w procesie obróbki pojemnikowej doprowadzić do uzyskania powierzchni, która [7]:

- jest wolna od powierzchniowych zanieczyszczeń takich jak rdze, zgorzelina, wilgoć, oleje, smary itp.,
 - pozbawiona jest zadziorów i ostrych krawędzi,
 - posiada odpowiednio dużą chropowatość zapewniającą dobrą przyczepność materiału powłokowego do podłoża.
- Tylko czysta powierzchnia detali i odpowiednio wysoka jej chropowatość zabezpieczają uzyskanie trwałych powłok malarskich.

Wytwarzanie detali metodą kucia jest dość powszechnym procesem otrzymywania różnego rodzaju wyrobów, zarówno żelaznych jak i metali kolorowych. Są to przede wszystkim odkuwki matrycowe i wiele z nich, szczególnie o masie mniejszej od 250 g poddawane są obróbce pojemnikowej. Detale kute, są wytrzymalsze od takich samych, ale odlewanych. Dlatego tam gdzie podwyższona wytrzymałość i estetyka powierzchni jest niezbędna, stosuje się wykończeniową obróbkę w luźnych kształtkach (np. manetki motocyklowe, korby rowerowe, uchwyty ręcznych hamulców rowerowych itp.) Ważną pozycję zajmują też różnorodne elementy armatury hydraulicznej (Rys. 10).

Przykłady wyrobów wytwarzanych masowo poddawanych obróbce pojemnikowej

Obróbka powierzchni różnorodnych detali metodami obróbki pojemnikowej upowszechnia się w bardzo szybkim tempie. Dotyczy to też polskiego przemysłu. Obecnie trudno sobie wyobrazić proces wytwarzania wielu produktów technicznych i codziennego użytku bez etapu obróbki przy użyciu luźnych kształtek. Trudno jest wymienić wszystkie takie produkty, bo są ich tysiące. Przykłady zamieszczone w niniejszym opracowaniu pozwalają uświadomić sobie możliwości jakie w zakresie obróbki powierzchni wnosi technologia obróbki pojemnikowej.



Rys. 10. Odkuwki mosiężne obrabiane przy użyciu luźnych kształtek



Rys. 11. Uchwyty meblowe



Rys. 12. Klamki drzwiowe poddawane obróbce luźnymi kształtkami

Uchwyty meblowe to grupa produktów technicznych w procesie wytwarzania, których ostatnimi etapami są procesy obróbki przy użyciu luźnych kształtek, najczęściej żywicznych (Rys. 11). Zadaniem tych obróbek powierzchniowych jest przygotowanie powierzchni uchwytów meblowych pod powłoki ochronne i dekoracyjne.

Klamki i inne elementy okuć drzwi i okien to też duża grupa wyrobów, najczęściej wykonanych z metali lekkich i ich stopów obrabianych przy użyciu luźnych kształtek, najczęściej żywicznych (Rys. 12). Podobnie jak w przypadku uchwytów meblowych, podczas jednej operacji usuwamy wady powierzchniowe, ślady linii podziału formy odlewniczej, wygładzamy powierzchnię i zaokrąglamy wszystkie krawędzie czyniąc detal bardzo estetycznym. Obróbka w luźnych kształtkach ściernych znalazła powszechne zastosowanie w przygotowaniu gładkościowym klamek ze stopów aluminium do operacji anodowania, a klamek ze stopów typu ZnAl do galwanizowania. Oba rodzaje klamek przygotowywane są także do malowania, ale w tym wypadku nie jest wymagana tak duża dokładność procesu obróbki, gdyż warstwa lakieru pokryje większość niedoskonałości powierzchni klamki.

Części samochodowe to najczęściej różnorodne odlewy ciśnieniowe stopów aluminium, cynku, magnezu i krzemu o dość różnorodnej budowie (Rys. 13). Skuteczna obróbka powierzchni takich wyrobów o nieregularnych kształtach jest możliwa tylko przy użyciu odpowiednich kształtek w wygładzarkach pojemnikowych. Najczęściej odlewy samochodowe



Rys. 13. Części samochodowe



Rys. 14. Elementy armatury ze stali szlachetnych



Rys. 15. Metalowe elementy karniszy



Rys. 16. Klucze poddawane obróbce pojemnikowej



Rys. 17. Narzędzia chirurgiczne i implanty

poddawane są obróbce pojemnikowej po odlaniu i okrawaniu. Podczas stosunkowo krótkich procesów obróbki (10–20 minut) załamywane są ostre krawędzie, pozbawiane są ostrych występow, dzięki czemu detale są przyjemne w dotyku. Po obróbce pojemnikowej są one najczęściej kierowane do dalszych dokładnych operacji na urządzeniach CNC.

Części armatury to różnorodne detale stalowe (głównie ze stali szlachetnych) i z metali kolorowych wykorzystywane w instalacjach wodnych i gazowych (Rys. 14). Te detale wymagają szczególnych zabiegów podczas obróbki luźnymi kształtkami. Dotyczy to np. przepustnic do zaworów ze stali szlachetnych gdzie konieczne jest uzyskanie wysokiej gładkości i zachowanie tolerancji wymiarowych, ale także wylewk i korpusów baterii łazienkowych, które będą pokrywane galwanicznie. Ważną rolę w tego typu obróbce jest odpowiednie dobranie kształtek szlifierskich (najczęściej żywicznych), jak i parametrów pracy urządzenia – wygładzarki wibracyjnej. Trzeba tak to wszystko ustawić, aby stosunkowo małe i ciężkie detale jak korpusy baterii łazienkowych zostały dokładnie wygładzone, a jednocześnie podczas obróbki pojemnikowej wzajemnie się nie pokaleczyły.

Elementy karniszy metalowych to produkty powszechnego użytku produkowane na masową skalę (Rys. 15). Są to elementy wykonane w większości ze stopów metali lekkich, ale również ze stali i mosiądzu. Obróbka z użyciem luźnych kształtek ma za zadanie przede wszystkim usunięcie zadziórów oraz wygładzenie powierzchni celem jej przygotowania do naniesienia powłok ochronnych i dekoracyjnych.

Narzędzia typu klucze, kleszcze, śrubokręty (Rys. 16) to najczęściej odkuwki stalowe, które wymagają dość intensywnej obróbki kształtkami o wysokiej skrawności celem usunięcia dużych nadadatków. Są to przede wszystkim wysokiej skrawności kształtki ceramiczne. W przypadku twardych stopów m.in. po obróbce cieplnej, bardzo często stosuje się tzw. obróbkę pojemnikową izotropową, gdzie stosowane są specjalne roztwory wspomagające, które nadtrawiają wierzchnie warstwy detali, a specjalne kształtki porcelanowe, usuwają tą warstwę nadtrawioną. W stosunkowo krótkim czasie, w porównaniu do obróbki tradycyjnej, można uzyskać bardzo gładką powierzchnię o chropowatości poniżej $Ra = 0,1 \mu m$.

Narzędzia chirurgiczne i implanty (Rys. 17) to wyjątkowe wyroby precyzyjne wykonane najczęściej z wysokogatunkowych stali kwasoodpornych i tytanowych, które w procesie obróbki powinny uzyskać wysoką gładkość powierzchni. Wymagają one specjalnego procesu obróbki pojemnikowej. Często obrabiane są w wygładzarkach proszkowych, gdzie obrabiane detale są mocowane w uchwytach. Zapobiega to ich wzajemnym zderzeniom i obiciom w procesie obróbki. W innych przypadkach podczas obróbki w wygładzarkach wibracyjnych, proces obróbczy podzielony jest na kilka etapów, od zgrubnego aż do polerowania. Wieloetapowość oraz stosowanie specjalnych dodatków w postaci past i proszków wspomagających, pozwala uzyskać żądaną, bardzo gładką powierzchnię pozbawioną porów, rys i mikrokraterów.

Galanteria odzieżowa i obuwnicza to produkty codziennego użytku produkowane i użytkowane na skalę masową (Rys. 18). Są one wytwarzane najczęściej w odlewkach odśrodkowych przy zastosowaniu form silikonowych. Ciągła zmiana



Rys. 18. Galanteria odzieżowa i obuwnicza



Rys. 19. Felgi aluminiowe

trendów w modzie, kształtów ozdób i dodatków musi być także szybko realizowana przez producentów. Dlatego odlewanie odśrodkowe jest bardzo wygodną metodą odlewania, gdyż proces wytworzenia formy silikonowej zajmuje kilka godzin i ten typ form jest stosunkowo tani. Co prawda odlewanie odśrodkowe w formach silikonowych jest mniej dokładne od ciśnieniowego, ale te niedoskonałości na powierzchni detali usuwa dobrze obróbka pojemnikowa. Wygładzanie powierzchni i usunięcie nadlewek oraz śladów doprowadzenia stopu do formy to główne zadanie obróbki pojemnikowej. Często jest to realizowane w wygładzarkach odśrodkowo-kaskadowych, które dzięki swojej konstrukcji znacznie pozwalają skrócić czas obróbki odlewów.

Felgi aluminiowe to produkt techniczny produkowany na masową skalę (Rys. 19). W procesie produkcyjnym felg istnieje konieczność doprowadzenia do wysokiej gładkości i połysku felg. Proces ten od stosunkowo niedługiego czasu prowadzony jest przy użyciu luźnych kształtek w specjalnej konstrukcji wygładzarkach pojemnikowych. Należy tutaj wyróżnić dwa przypadki: felgi jako nowe odlewy i felgi używane przeznaczone do regeneracji, odnowienia. W przypadku nowych odlewów, gdzie powierzchnie są jeszcze wstępnie wygładzane, proces pojemnikowego polerowania jest stosunkowo łatwy. Jak w większości procesów, należy przeprowadzić obróbkę wstępną w małych kształtkach żywicznych (stożki i piramidy 10–20 mm), a następnie polerowanie w kształtkach porcelanowych lub stalowych. Takie obróbki najczęściej stosują producenci felg. W przypadku felg do regenerowania, obróbkę taką mogą wykonywać także mniejsze zakłady zajmujące się naprawą kół samochodowych. W tym procesie chodzi o odświeżanie wcześniej już polerowanych felg lub przerabianie „starych” felg malowanych na lustrzanie polerowane. W tym przypadku ważną rolę odgrywa już pierwszy etap, czyli usunięcie starej powłoki lakierniczej wraz z podkładem, obróbka ręczna

jeśli jest wymagana i dokładne szlifowanie i polerowanie w urządzeniach wibracyjnych specjalnie do tego skonstruowanych. Najważniejszy jest odpowiedni dobór ścierniwa (kształtki żywiczne), płynów wspomagających do polerowania i zastosowanie odpowiednich kształtek polerskich. W zależności od przygotowanej powierzchni felgi, ilości etapów obróbki (1-4), proces ten może trwać od 4 do 24 godzin.

Zakończenie

Podstawowa zaleta obróbki pojemnikowej to jej masowość i powtarzalność. W jednym cyklu obróbkowym obróbce może być poddawane od kilku do kilkuset, a często nawet kilka tysięcy detali. Wszystkie obrabiane detale uzyskują żądaną, jednakową i powtarzalną powierzchnię. Jest to widoczne szczególnie w przypadku małych detali oraz detali o skomplikowanych kształtach, kiedy obróbka ręczna jest bardzo trudna, a często wręcz niemożliwa.

Obróbki pojemnikowe z użyciem luźnych kształtek ściernych to bardzo korzystne połączenie jakości gotowych wyrobów i jej powtarzalności z ekonomią ich produkcji. Wszędzie tam, gdzie można zastosować taki typ obróbki, powinno to mieć miejsce. Masowość, wysoka jakość, powtarzalność, jednorodność, i oszczędność to główne cechy charakteryzujące ten typ obróbki powierzchni detali metalowych. Odpowiednio dobrane narzędzia, czyli kształtki ściernie i polerskie, a także inne materiały wspomagające jak pasty, proszki i płyny to podstawa optymalnej obróbki pojemnikowej. W czasie jednego procesu obróbczego, jednocześnie wykonywanych jest kilka operacji takich jak gratowanie, szlifowanie, załamywanie krawędzi, czyszczenie, wybytyszczanie. Można śmiało stwierdzić że taka mnogość obróbek w jednym procesie, czyni obróbkę pojemnikową z luźnymi kształtkami procesem bardzo uniwersalnym i bardzo pożądanym. Zalety tej obróbki nie zawsze są jednak doceniane w praktyce. Upowszechnianie wiedzy o możliwościach obróbki pojemnikowej jest więc wskazane.

Literatura

1. Marciniak M., Stefko A., Szyrle W.: Podstawy obróbki w wygładzarkach pojemnikowych. WNT, Warszawa 1982.
2. Hinz H.E.: Gleitschliftechnik. Verlag 1988.
3. Gillespie L.K.: Mass finishing handbook. Industrial Press Inc., New York 2007.
4. Szyrle W.: Sposoby przeciwdziałania się ujemnym zjawiskom w procesie obróbki luźnymi kształtkami. Mechanik 1980, nr 8, s. 419-422.
5. Woźniak K.: Parametry geometryczne kształtek i ich rola jako narzędzi roboczych w wygładzarkach pojemnikowych. Obróbka metalu, 2013, nr 4, s. 40-48.
6. Pietrusińska M.: Galwaniczne powłoki ochronno-dekoracyjne na odlewach cynkalowych w przemyśle samochodowym. Powłoki Ochronne, 1978, nr 3, s.
7. Woźniak K., Wincenciak M.: Przygotowanie powierzchni detali pod powłoki malarskie metoda obróbki pojemnikowej. Lakiernictwo Przemysłowe, 2015, nr 2, s. 52-57. ■